

## BEST AVAILABLE COPY

(19) Republic of Germany  
German Patent Office

(22) Declaration text

(10) DE 31 38 514 A1

(51) Int. Cl.:

G 01 N 33/48

G 01 N 11/06

(21) File No.  
 (22) Date of Application  
 (23) Date of Declaration  
 (24) Issue of patent on  
 (25) (26) (27) (28) (29) (30) Union Priority

P 31 30 514.1  
 September 28, 1981  
 April 14, 1983

(71) Applicant: Myrenne, Heinz 5106 Roetgen, DE  
Mueller, Klaus, Dipl.-Ing. 5100 Aachen, DE

(72) Inventor(s): Same as Applicant

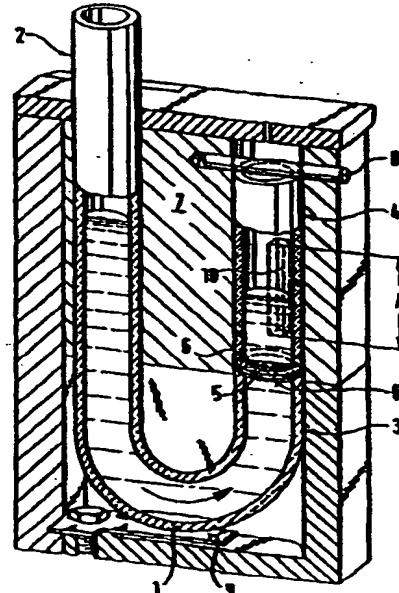
(56) Results of research per § 43 Sec. 1 Part 1 Pat. Law

DE-PS 8 77 835  
 DE-AS 15 98 514  
 DE-OS 22 22 495  
 US 35.20 179

DE-Z Medical Progress 71, Jg. 1977 H 24 Pg. 1192 - 1196  
 DE-Z Farbe & Lack 78 Jg 1972 No. 9 pp 854-856  
 US-Z Instruments and Automation, Vol 30, January 1957  
 Pages 88 - 89.

(54) Title  
 A process and an apparatus for the determination of  
 the flow characteristics of biological liquids

In a process of the determination of the filtering behavior of biological liquids, especially erythrocyte suspensions, the liquid was conducted into a system of communicating tubes through a resistance to flow, this being, for instance, a filter. Thereby, disturbing effects by means of drop formation at the exit end of the measurement system were avoided and measurements with extremely low pressure was made possible. The filter (5) which generated the flow resistance is placed advantageously within the climbing branch (3, 4) and the measurement of the quantity fluid is carried out likewise in the climbing branch of the communicating tubes.



DE 31 38 514 Page 1

## DE 31 38 514 A1

**A process and an apparatus  
for the determination  
of the flow characteristics of biological liquids**

---

**Claims**

**Claimed is:**

1. A process for the determination of the flow characteristics of biological liquids, such as cell suspensions or blood, in which the said liquid is conducted through a flow resistance, whereupon the quantity of liquid flowing through said flow resistance within a unit time is measured, therein characterized, in that the measurement of the quantity of liquid flowing through said flow resistance within a unit time is carried out while the quantity of liquid is flowing through the flow resistance within a system of communicating tubes.
2. A process in accord with Claim 1, therein characterized, in that the descending leg of the communicating tube system is filled with a defined quantity of liquid, and at equal pressure above the liquid level in both legs of the communicating tube system, the quantity of liquid flowing through the flow resistance is measured in terms of the continually decreasing pressure differential of the two liquid columns.
3. A process in accord with Claims 1 and 2, therein characterized, in that the quantity of liquid flowing through per unit of time in the ascending leg of the communicating tube system is measured.
4. A process in accord with Claims 1 to 3, therein characterized, in that the liquid to be examined passes through the flow resistance within the ascending leg of the communicating tube system.

5. A process in accord with Claims 1 to 4, therein characterized, in that the liquid to be measured flows through a tube bent into a U-shape with a calibrated inside cross-sectional diameter.
6. A process in accord with Claims 1 to 5, therein characterized, in that at least that part of the ascending leg of the communicating tube system, in which the measurement of the through-flow quantity is to take place, is made of glass, and in that the measurement is done on an optical-electronic basis.
7. A process in accord with Claims 1 to 6, therein characterized, in that for the determination of the pressure curve, the liquid column in both the descending leg and the ascending leg of the communicating tube system is measured.
8. An apparatus for the execution of the process in accord with Claims 1 to 7, characterized by a U-shaped, bent tube with calibrated inside cross-section, the one leg of which, in the axial direction of the tube, comprises two tube sections (3, 4), wherein, between these two said tube sections (3, 4) the flow resistance (filter 5) is inserted, and the tube section (4) above said flow resistance (5) serves for the measurement of the through-flow quantity.
9. An apparatus in accord with Claim 8, therein characterized, in that at least that tube section (4), above the flow resistance, is comprised of glass, and by means of an illumination slot (10) which extends itself in the axial direction of the tube section (4), the said tube section (4) is transversed by light whereby the quantity of light through a part of the ascending column of liquid is measured by a light-sensitive evaluation unit.
10. An apparatus in accord with Claims 8 and 9, therein characterized, in that the flow resistance is engendered by a membrane filter (5).

### Description

The invention concerns a process for the determination of the flow characteristics of biological liquids, such as cell suspensions or blood, in which the liquid sample is conducted through a flow resistance, and the flow resistance of the quantity of said through flowing liquid per unit time is measured. The invention further encompasses appropriate apparatuses for the execution of said process.

Knowledge of the flow characteristics of biological liquids is of interest, among other aspects, for medicinal diagnosis. Thus one can, for example, draw conclusions in regard to rheological properties of blood or from suspensions of erythrocytes, and thereby make direct declarations about the state of an illness which is under examination. Also other bodily fluids, such as saliva, suffer changes under the influence of specific pathological appearances in their flow characteristics, so that a familiarity with the flowing properties of other liquids than blood is of importance.

For the measurement of the behavior of erythrocyte-suspensions, various methods are already within public knowledge. In most of these known methods, the suspension is caused to flow through a fine pore membrane under constant pressure, whereby various types of filters can be brought into use. To all known procedures, a common element is, that the liquid under investigation is allowed to flow downward in a column from above to below through a filter, after which, the filtrate then continues flowing downward.

These methods function satisfactorily where relatively high pressures are concerned, that is, in the case of pressures exceeding some 30 mm of water column. Conversely, when lower pressures are at hand, the measurement values are uncontrollably falsified by the forces, which arise, as a result of the adhesion beneath the filter of the liquid which as already passed through the filter, as well as difficulties due to the formation of droplets which occur at that location. If these disturbing forces are brought completely into the general order of magnitude of forces conditioned by the hydrostatic pressure of the liquid above the filter, obtaining measurements of a quality to support diagnostic statements become impossible.

On the other hand, there is a substantial interest, in measuring the flow related behavior of red blood corpuscles at extremely low pressures. That is, such pressures as are in force in the most extended bodily blood vessels. In this way, the degree of deformation of the red blood cells can also be determined under these conditions.

Thus, the purpose of the invention is to create a process of the kind described in the opening passages, which is particularly well suited for measurement at extremely low pressures, and which process is exceptionally free from interfering disturbances.

The process in accord with the invention is found therein, in that the measuring, in a given time unit, of the resistance to the flow of a quantity of the through-flowing liquid is carried out while the said liquid is passing through the flow resistance within a system of communicating tubes.

During the invented procedure, the liquid, after passing through the flow resistance, which element can be designed as a filter, does not continue in a downward path, but ascends in a leg of the communicating tube system. In this way, disturbing effects are surely avoided, these being such effects as act upon the liquid in the case of downwardly directed flow. For example, all disturbing effects due to the formation of drops upon the exiting of the liquid are excluded.

In an advantageous development of the invention, the descending column of the communicating tube system is filled with a specified quantity of liquid. Subsequently, where equal pressure is in force above the liquid level in the two legs of the communicating tube system, the differential in pressure arising from the quantity of liquid flowing through the flow resistance is measured, conditioned by the continually declining pressure difference of the two liquid columns. In this way, the possibility is brought about that even at extremely small hydrostatic pressures, faultless measurements can be carried out. This favorable situation arises, because in the system of the communicating tubes, the hydrostatic pressure continually decreases until zero is approached, whereby, on the grounds of the symmetrical action of the forces on the two columns of liquid, all disturbing influences are eliminated.

DE 31 38 514 Page 5

A further advantageous embodiment of the process is found in that, the quantity of liquid which flows through the flow resistance is measured in the ascending liquid column. Contrary to the measurement in the descending liquid column, as is applied in the case of known processes, in the invented process, assurance is given that the measurement suffers no disturbance due to fluid deposits or films, which collect on the inner surface of the descending column wall and possibly attach themselves thereto.

In the case of the measurement of the ascending column, the certainty is present, that, insofar as the ascending tube has been previously carefully cleaned, no disturbing liquid residue will be present on the surface thereof.

In a preferred embodiment of the invention, the liquid under examination is permitted to flow through the flow resistance in the ascending column of the communicating tube system. In other words, the flow resistance, in the form of a membrane filter, is placed in the ascending leg of the communicating tube system. As a result of this, the said flow resistance is subjected to flow from below to above. This has the special advantage, that the air entrapped in the pores of the filter in the form of bubbles can escape upward. This advantage is not possible when the flow through the flow resistance is from above to below. Also, in this way, disturbing influences due to clinging air bubbles are avoided.

It is also possible, to undertake the measurement of the liquid column simultaneously in the ascending and descending columns of the communication tube system. By this means, by appropriate calculations, the hydrostatic pressure acting upon the flow resistance can be directly calculated.

It is particularly of value, if the measuring of the quantity of liquid flowing through is done by optical electronic means. For this purpose, in the higher level of the ascending liquid column, in which the level changes occur, measurement is made by changes in the transmission of a light beam caused by the ascending liquid column. The signal then transmitted by the light beam receiver is so transduced in an associated processor, that a direct evaluation is provided showing the speed of flow or a value proportional thereto.

DE 31 38 514 Page 6

In the drawing is presented an advantageous embodiment of an appropriate apparatus for the carrying out of the process. This encompasses as an essential component, a U-tube, which comprises a U-shaped tube section 1 which consists of a long leg 2 and short leg 3. On the short leg 3 a straight tube section 4 is placed, with the interposing of a membrane filter 5. The membrane filter 5 is sealed against the adjacent surfaces of the short leg 3, and the straight section 4 is provided with interposed sealing rings. The assembled U-tube is secured in a holder 7. The tube section 4 lies above, abutting a detent rod 8. Acting from below, a leaf spring 9 assures that the tube sections 1, 3 and 4 are pressed together. From the tube section 4, which comprises the ascending column of the communicating tube system, the air, upon the rising of the liquid column, can escape into the atmosphere. Even the long leg 2, which makes up the descending leg of the communicating system, is open to the atmosphere. In this way, the same ambient pressure is assured to be in force on both liquid columns. The holder 7 can be inset into a measuring apparatus, with which the quantity of liquid which flows through the membrane filter 5 can be measured.

The tube sections 1, 2, and 3 and the tube section 4 are made of a calibrated glass tube. That is to say, the said sections are made from a glass tube of uniform inside cross section. This is important, because the proportionality between the rise of the liquid level in the ascending tube section and the quantity of liquid flowing through the filter must be determined.

In the longer leg 2 of the U-tube, is added an exactly measured quantity, for instance 2 ml of the liquid to be investigated. This quantity should be so selected, that first, the desired hydrostatic pressure is achieved, and second, the change of the liquid level in the ascending tube section 4 reaches its maximum within the distance A, which corresponds to the height extension of the illuminating slot 10. The illuminating slot 10 is incised into the otherwise non-transparent wall of the holder 7. The height A of this slot 10 is so chosen, that the change of the level of the ascending liquid column during the procedure of the measurement occurs in the range covered by the said slot 10.

DE 31 38 514 Page 7

In the wall of the holder lying opposite to the slot 10 is provided a corresponding slit (not shown in the drawing) which serves as an outlet for the light. The measuring instrument, in which the holder 7 and its U-tube is installed, possesses on the side with the illumination slot 10 a light source, and on the opposite side a light sensitive receiver. The signals so given and received, are processed in a micro computer, which then records directly the through-put quantity of the liquid as a function of the hydrostatic pressure.

\* \* \*

② BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

② Offenl. gungsschrift  
② DE 3138514 A1

② Int. Cl. 3:

G 01 N 33/48

G 01 N 11/08

② Aktenzeichen:

P 31 38 514.1

② Anmeldetag:

28. 9. 81

② Offenlegungstag:

14. 4. 83

② Anmelder:

Myrenne, Heinz, 5106 Roetgen, DE; Mussler, Klaus,  
Dipl.-Ing., 5100 Aachen, DE

② Erfinder:

gleich Anmelder

② Recherchenergebnis gem. § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG:

DE-PS 8 77 835

DE-AS 15 98 514

DE-OS 22 22 495

US 35 20 179

DE-Z: Z. Ärztl. Fortb., 71. Jg., 1977, H. 24, S. 1192-1196;

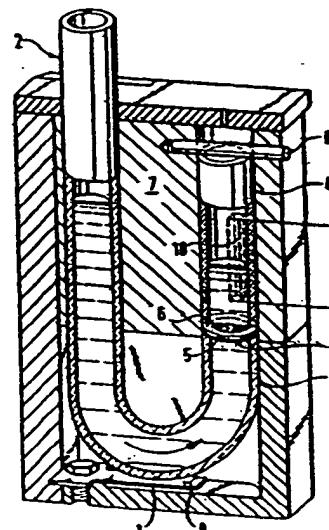
DE-Z: Farbe und Lack, 78. Jg., 1972, Nr. 9, S. 854-856;

US-Z: Instruments & Automation, Vol. 30, Januar 1957,  
S. 88-89;

De. ordeneigenwürd

② Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung des Fließverhaltens biologischer Flüssigkeiten

Bei einem Verfahren zur Bestimmung des Fließverhaltens von biologischen Flüssigkeiten, insbesondere von Erythrozyten-Suspensionen, wird die Flüssigkeit innerhalb eines Systems von kommunizierenden Röhren durch einen Strömungswiderstand, beispielsweise ein Filter, geleitet. Dadurch werden Störeffekte durch Tropfenbildung am Auslaufende des Meßsystems vermieden, und Messungen bei extrem niedrigen Drücken ermöglicht. Das den Strömungswiderstand darstellende Filter (5) ist vorzugsweise innerhalb des aufsteigenden Astes (3, 4) der kommunizierenden Röhren angeordnet, und die Messung der durch das Filter hindurchströmenden Flüssigkeitsmenge erfolgt ebenfalls in dem aufsteigenden Ast der kommunizierenden Röhren. (31 38 514)



---

Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung des  
Fließverhaltens biologischer Flüssigkeiten

---

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung des Fließverhaltens von biologischen Flüssigkeiten, wie Zellsuspensionen oder Blut, bei dem die Flüssigkeit durch einen Strömungswiderstand geleitet, und die den Strömungswiderstand in der Zeiteinheit durchfließende Flüssigkeitsmenge gemessen wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Messung der in der Zeiteinheit den Strömungswiderstand durchfließenden Flüssigkeitsmenge erfolgt, während die Flüssigkeitsmenge den Strömungswiderstand innerhalb eines Systems von kommunizierenden Röhren durchströmt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine definierte Flüssigkeitsmenge in den abfallenden Ast des kommunizierenden Rohrsystems eingefüllt, und bei gleichem Druck oberhalb des Flüssigkeitsniveaus in beiden Ästen des kommunizierenden Rohrsystems die durch den Strömungswiderstand hindurchfließende Flüssigkeits-

menge in Abhängigkeit von dem kontinuierlich abnehmenden Differenzdruck der beiden Flüssigkeitssäulen gemessen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die in der Zeiteinheit durchströmende Flüssigkeitsmenge in dem aufsteigenden Ast des kommunizierenden Rohrsystems gemessen wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die zu untersuchende Flüssigkeit den Strömungswiderstand innerhalb des aufsteigenden Astes des kommunizierenden Rohrsystems durchströmt.
5. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die zu messende Flüssigkeit ein U-förmig gebogenes Rohr mit kalibriertem Innenquerschnitt durchströmt.
6. Verfahren nach Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens der Teil des aufsteigenden Astes des kommunizierenden Rohrsystems, in dem die Messung der Durchflußmenge erfolgt, aus Glas besteht und daß die Messung auf opto-elektronischem Wege erfolgt.
7. Verfahren nach Anspruch 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bestimmung des Druckverlaufs die Flüssigkeitssäule sowohl im fallenden Ast als auch im aufsteigenden Ast des kommunizierenden Rohrsystems gemessen wird.

8. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 bis 7, gekennzeichnet durch ein U-förmiges gebogenes Rohr mit kalibriertem Innenquerschnitt, dessen einer Ast in Achsrichtung des Rohres aus zwei Rohrabschnitten (3,4) zusammengesetzt ist, wobei zwischen diesen beiden Rohrabschnitten (3,4) der Strömungswiderstand (Filter 5) angeordnet ist, und der Rohrabschnitt (4) oberhalb des Strömungswiderstandes für die Messung der Durchflußmenge dient.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens der oberhalb des Strömungswiderstandes angeordnete Rohrabschnitt (4) aus Glas besteht, und über einen sich in Achsrichtung des Rohrabschnittes (4) erstreckenden Beleuchtungsschlitz (10) mit Licht durchstrahlt ist, wobei das Maß der Lichttransmission durch die aufsteigende Flüssigkeitssäule durch eine Lichtempfänger- und Auswerteeinheit gemessen wird.
10. Vorrichtung nach Anspruch 8 und 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Strömungswiderstand aus einem Membranfilter (5) besteht.

### Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Fließeigenschaften von biologischen Flüssigkeiten, wie Zellsuspensionen oder Blut, bei dem die Flüssigkeitsprobe durch einen Strömungswiderstand geleitet, und die den Strömungswiderstand in der Zeiteinheit durchfließende Flüssigkeitsmenge gemessen wird. Sie umfaßt ferner geeignete Vorrichtungen zur Durchführung des Verfahrens.

Die Kenntnis der Fließeigenschaften von biologischen Flüssigkeiten ist von Interesse u.a. für die medizinische Diagnose. So kann man z.B. aus den rheologischen Eigenschaften von Blut oder von Suspensionen von Erythrozyten Rückschlüsse auf die Verformbarkeit der Erythrozyten ziehen, und damit unmittelbare Aussagen über das Vorliegen bestimmter Krankheitsbilder machen. Auch andere Körperflüssigkeiten, wie z.B. der Speichel, verändern unter dem Einfluß bestimmter pathologischer Erscheinungen ihr Fließverhalten, so daß auch für andere Flüssigkeiten als Blut die Kenntnis des Fließverhaltens von Bedeutung ist.

Für die Messung des Fließverhaltens von Erythrozyten-Suspensionen sind verschiedene Verfahren bekannt. Bei den meisten dieser bekannten Verfahren läßt man die Suspension unter einem konstanten Druck durch ein feinporiges Filter fließen, wobei grundsätzlich die unterschiedlichsten Filtertypen zur Anwendung kommen können. Allen bekannten Verfahren ist gemeinsam, daß man die zu untersuchende Flüs-

sigkeit in einer Säule von oben nach unten durch das Filter strömen läßt, und daß die Flüssigkeit nach dem Durchströmen des Filters weiter nach unten abfließt.

Diese Verfahren arbeiten zufriedenstellend bei verhältnismäßig hohen Drücken, d.h. bei Drücken oberhalb von etwa 30 mm Wassersäule. Bei niedrigen Drücken werden jedoch die Meßwerte unkontrollierbar verfälscht durch die Kräfte, die infolge der Adhäsion der durch das Filter hindurchgetretenen Flüssigkeit unterhalb des Filters, sowie durch die dort auftretende Tropfenbildung, entstehen. Wenn diese störenden Kräfte gar in die Größenordnung der durch den hydrostatischen Druck der Flüssigkeit oberhalb des Filters bedingten Kräfte kommen, werden aussagefähige Messungen unmöglich. Andererseits besteht aber ein erhebliches Interesse daran, das Fließverhalten der roten Blutkörperchen gerade bei extrem niedrigen Drücken zu messen, so wie sie in den äußersten Blutgefäßen des Körpers herrschen, um die Verformbarkeit der roten Blutzellen auch unter diesen Bedingungen zu kennen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, das sich in besonderer Weise auch für die Messung bei extrem niedrigen Drücken eignet, und das weitgehend frei ist von Störeinflüssen.

Das erfindungsgemäße Verfahren besteht darin, daß die Messung der in der Zeiteinheit den Strömungswiderstand durchfließenden Flüssigkeitsmenge er-

folgt, während die Flüssigkeit den Strömungswiderstand innerhalb eines Systems von kommunizierenden Röhren durchströmt.

Während des Meßvorgangs fließt die Flüssigkeit nach dem Durchströmen des Strömungswiderstandes, der als ein Filter ausgebildet sein kann, nicht nach unten ab, sondern steigt in einem Ast des kommunizierenden Rohrsystems nach oben. Dadurch werden alle Störeffekte sicher vermieden, die durch andere Kräfte, als wie sie auf die absinkende Flüssigkeitssäule einwirken, hervorgerufen werden. Zum Beispiel werden alle Störeffekte durch abreißende Tropfen beim Ablaufen bzw. Auslaufen der Flüssigkeit ausgeschaltet.

In vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung wird ein definierte Flüssigkeitsmenge in den abfallenden Ast des kommunizierenden Rohrsystems eingefüllt, und es wird bei gleichem Druck oberhalb des Flüssigkeitsspiegels in beiden Ästen des kommunizierenden Rohrsystems die durch den Strömungswiderstand hindurchfließende Flüssigkeitsmenge in Abhängigkeit von dem kontinuierlich abnehmenden Differenzdruck der beiden Flüssigkeitssäulen gemessen. Auf diese Weise lassen sich auch bei extrem niedrigen hydrostatischen Drücken noch einwandfreie Messungen durchführen, da in dem System der kommunizierenden Röhren der hydrostatische Druck kontinuierlich bis auf Null abnimmt, wobei auf Grund der symmetrischen Krafteinwirkung auf die beiden Flüssigkeitssäulen alle störenden Einflüsse eliminiert werden.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des Verfah-

rens besteht darin, daß die durch den Strömungswiderstand hindurchfließende Flüssigkeitsmenge in der aufsteigenden Flüssigkeitssäule gemessen wird. Im Gegensatz zur Messung an der abfallenden Flüssigkeitssäule, wie sie bei dem bekannten Verfahren zur Anwendung kommt, wird dadurch sichergestellt, daß die Messung keine Störung durch Flüssigkeitsreste oder -filme erfährt, die an der inneren Oberfläche des die abfallende Flüssigkeitssäule aufnehmenden Rohres gegebenenfalls haften bleiben. Bei der Messung der aufsteigenden Flüssigkeitssäule hat man die Gewißheit, daß, sofern das aufsteigende Rohr zuvor sorgfältig gereinigt war, keine störenden Flüssigkeitsreste auf der Oberfläche vorhanden sein können.

In bevorzugter Ausführungsform der Erfindung läßt man die zu untersuchende Flüssigkeit den Strömungswiderstand im aufsteigenden Ast des kommunizierenden Rohrsystems durchströmen, das heißt, der Strömungswiderstand, beispielsweise in Form eines Membranfilters, wird in dem aufsteigenden Ast des kommunizierenden Rohrsystems angeordnet. Der Strömungswiderstand wird infolgedessen von unten nach oben durchströmt. Das hat den besonderen Vorteil, daß die in den Poren des Strömungsfilters sitzende Luft in Form von Luftbläschen nach oben entweichen kann, was im Fall der Durchströmung von oben nach unten nicht ohne weiteres möglich ist. Auf diese Weise werden auch störende Einflüsse durch am Strömungswiderstand anhaftende Luftbläschen vermieden.

Es ist ferner möglich, die Messung der Veränderung der Flüssigkeitssäule sowohl gleichzeitig im aufsteigenden Ast als auch im absteigenden Ast des kommunizierenden Rohrsystems vorzunehmen. Durch läßt sich unter entsprechender Umrechnung unmittelbar der auf den Strömungswiderstand einwirkende hydrostatische Druck bestimmen.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Messung der durchfließenden Flüssigkeitsmenge auf optoelektronischem Wege erfolgt. Zu diesem Zweck wird in dem Höhenabschnitt der aufsteigenden Flüssigkeitssäule, in dem die Niveauänderung stattfindet, die Veränderung der Lichtstrahltransmission durch die aufsteigende Flüssigkeitssäule gemessen. Die von dem Lichtstrahlenempfänger abgegebenen Signale werden in einer nachgeschalteten Verarbeitungsstufe so verarbeitet, daß sie unmittelbar die Strömungsgeschwindigkeit oder einen hierzu proportionalen Wert abgeben.

In der Zeichnung ist eine bevorzugte Ausführungsform einer für die Durchführung des Verfahrens geeigneten Vorrichtung dargestellt. Sie umfaßt als wesentlichen Bestandteil ein U-Rohr, das aus einem U-förmig gebogenen Rohrabschnitt 1 mit einem langen Schenkel 2 und einem kurzen Schenkel 3 besteht. Auf dem kurzen Schenkel 3 ist ein gerader Rohrabschnitt 4 unter Zwischenschaltung eines Membranfilters 5 aufgesetzt. Das Membranfilter 5 ist gegen die anliegenden Flächen des kurzen Schenkels 3 und des geraden Rohrabschnitts 4 durch zwischengeschaltete Dichtungsringe 6 abgedichtet. Das so zu-

sammengesetzte U-Rohr ist in eine Haltevorrichtung 7 eingesetzt. Der Rohrabschnitt 4 liegt oben gegen den Arretierstift 8 an. Von unten wirkt auf das U-Rohr die Blattfeder 9, die dafür sorgt, daß die beiden Rohrabschnitte 1 bis 3 und 4 dicht zusammengepreßt werden. Aus dem Rohrabschnitt 4, der den aufsteigenden Ast des kommunizierenden Rohrsystems darstellt, kann beim Aufsteigen der Flüssigkeitssäule die Luft in die Atmosphäre entweichen. Auch der lange Schenkel 2, der den abfallenden Ast des kommunizierenden Systems darstellt, ist zur Atmosphäre hin offen. Dadurch wird der gleiche Druck auf beiden Flüssigkeitssäulen gewährleistet. Die Haltevorrichtung 7 kann in ein Meßgerät eingesetzt werden, mit dem die durch das Membranfilter 5 hindurchfließende Flüssigkeitsmenge gemessen wird.

Der Rohrabschnitt 1,2,3 und der Rohrabschnitt 4 bestehen aus einem kalibrierten Glasrohr, das heißt aus einem Glasrohr mit gleichbleibendem Innenquerschnitt. Das ist wichtig, weil die Proportionalität zwischen dem Anstieg des Flüssigkeitsniveaus im aufsteigenden Rohrabschnitt und der durch das Filter hindurchgestromten Flüssigkeitsmenge gegeben sein muß.

In den langen Schenkel 2 des U-Rohres wird eine genau abgemessene Menge, beispielsweise 2 ml, der zu untersuchenden Flüssigkeit eingefüllt. Diese Menge soll so gewählt werden, daß sich einerseits der gewünschte hydrostatische Druck einstellt, und daß andererseits die Veränderung des Flüssig-

keitsniveaus im aufsteigenden Rohrabschnitt 4 sich innerhalb der Strecke A vollzieht, die der Höhenausdehnung des Beleuchtungsschlitzes 10 entspricht. Der Beleuchtungsschlitz 10 ist in der im übrigen lichtundurchlässigen Wand der Haltevorrichtung 7 angebracht. Die Höhe A dieses Schlitzes 10 ist so gewählt, daß die Veränderung des Niveaus der aufsteigenden Flüssigkeitssäule während des Meßvorgangs in dem von dem Schlitz 10 überdeckten Bereich erfolgt. In der dem Schlitz 10 gegenüberliegenden Wand der Halterung 7 ist ein entsprechender Schlitz vorgesehen (in der Zeichnung nicht dargestellt), der für den Austritt der Lichtstrahlen dient. Das Meßgerät, in das die Haltevorrichtung 7 mit dem U-Rohr eingesetzt wird, weist auf der Seite des Beleuchtungsschlitzes 10 einen Lichtsender, und auf der gegenüberliegenden Seite einen lichtempfindlichen Empfänger auf. Die von dem Empfänger abgegebenen Signale werden in einem Mikrocomputer verarbeitet, der dann unmittelbar die Durchtrittsmenge der Flüssigkeit als Funktion des hydrostatischen Druckes aufzeichnet.

Nachgeurkt

3138514

3138514

G 01 N 33/48

28. September 1981

14. April 1983

- 41 -

